

4.3 Übertragungsrichtungen, Duplex und Auto-Negotiation

Auf OSI-Schicht 1 ist nicht nur wichtig, dass Bits übertragen werden.

Wichtig ist auch:

- In welche Richtung können Daten übertragen werden?
- Können beide Seiten gleichzeitig senden?
- Welche Geschwindigkeit wird genutzt?
- Wie einigen sich zwei Geräte auf die Verbindung?

Diese Themen gehören zur physischen Verbindung und sind besonders wichtig bei Ethernet, Switches, Netzwerkkarten und älterer Hub-Technik.

Grundidee

Wenn zwei Netzwerkgeräte miteinander verbunden sind, müssen sie bestimmte Eigenschaften der Verbindung festlegen.

Dazu gehören zum Beispiel:

- Übertragungsgeschwindigkeit
- Duplexmodus
- Signalart
- physische Verbindung
- unterstützter Standard
- Link-Status

Beispiel:

PC
↔
Switch

Beide Seiten müssen technisch zusammenarbeiten können.

Merksatz:

Eine Netzwerkverbindung funktioniert nur,
wenn beide Seiten kompatible Verbindungseigenschaften nutzen.

Begriff: Übertragungsrichtung

Die Übertragungsrichtung beschreibt, in welche Richtung Daten übertragen werden können.

Es gibt drei wichtige Grundformen:

- Simplex
- Halbduplex
- Vollduplex

Diese Begriffe beschreiben, ob Kommunikation nur in eine Richtung, abwechselnd oder gleichzeitig in beide Richtungen möglich ist.

Merksatz:

Übertragungsrichtung beschreibt,
wie Geräte miteinander senden und empfangen können.

Simplex

Simplex bedeutet:

Datenübertragung nur in eine Richtung.

Ein Gerät sendet.

Das andere Gerät empfängt.

Eine Rückübertragung ist über denselben Kanal nicht vorgesehen.

Alltagsvergleich:

Radio
Lautsprechanlage
Einbahnstraße

Beispiel:

Sender → Empfänger

Merksatz:

Simplex = nur eine Richtung.

Halbduplex

Halbduplex bedeutet:

Datenübertragung in beide Richtungen,
aber nicht gleichzeitig.

Beide Seiten können senden und empfangen.

Aber:

Wenn eine Seite sendet,
muss die andere Seite warten.

Alltagsvergleich:

Walkie-Talkie
Baustellenampel
einspurige Straße mit wechselnder Fahrtrichtung

Beispiel:

Gerät A sendet → Gerät B empfängt

Danach:

Gerät B sendet → Gerät A empfängt

Merksatz:

Halbduplex = beide Richtungen,
aber nur abwechselnd.

Vollduplex

Vollduplex bedeutet:

Datenübertragung in beide Richtungen gleichzeitig.

Beide Geräte können zur gleichen Zeit senden und empfangen.

Alltagsvergleich:

Telefonat
zweispurige Straße
gleichzeitiges Sprechen und Hören

Beispiel:

Gerät A sendet gleichzeitig zu Gerät B.
Gerät B sendet gleichzeitig zu Gerät A.

Merksatz:

Vollduplex = senden und empfangen gleichzeitig.

Simplex, Halbduplex und Vollduplex im Vergleich

Modus	Richtung	Gleichzeitig?	Beispiel
Simplex	nur eine Richtung	nein	Radio
Halbduplex	beide Richtungen	nein, nur abwechselnd	Walkie-Talkie
Vollduplex	beide Richtungen	ja	Telefonat

Prüfungstauglich:

Simplex = eine Richtung.
Halbduplex = abwechselnd.
Vollduplex = gleichzeitig.

Duplex bei Ethernet

Moderne Ethernet-Verbindungen über Switches arbeiten normalerweise mit Vollduplex.

Beispiel:

PC ↔ Switch

Der PC kann gleichzeitig Daten senden und empfangen.

Der Switch kann ebenfalls gleichzeitig senden und empfangen.

Das ist effizienter als Halbduplex.

Merksatz:

Moderne Switch-Verbindungen arbeiten normalerweise mit Vollduplex.

Halbduplex bei älterer Technik

Halbduplex war besonders bei älteren Ethernet-Umgebungen wichtig.

Typisches Gerät:

Hub

Ein Hub arbeitet auf OSI-Schicht 1.

Er verteilt Signale an alle Ports.

Da alle Geräte sich das gleiche Übertragungsmedium teilen, konnte nicht jedes Gerät gleichzeitig störungsfrei senden.

Dadurch waren Kollisionen möglich.

Merksatz:

Halbduplex gehört vor allem zu älterer Hub-Technik.

Hub und Halbduplex

Ein Hub verteilt eingehende Signale an alle angeschlossenen Ports.

Er entscheidet nicht anhand von MAC-Adressen.

Er versteht keine Frames.

Er kennt keine IP-Adressen.

Dadurch teilen sich alle angeschlossenen Geräte denselben Übertragungsbereich.

Folgen:

- nur abwechselndes Senden sinnvoll
- Kollisionen möglich
- geringere Effizienz
- alle Geräte teilen sich die Bandbreite

Merksatz:

Hub = Schicht 1 und typisch Halbduplex.

Switch und Vollduplex

Ein Switch arbeitet typischerweise auf OSI-Schicht 2.

Er leitet Ethernet-Frames anhand von MAC-Adressen gezielt weiter.

Bei modernen Switch-Verbindungen hat jeder Port eine eigene Verbindung zum angeschlossenen Gerät.

Dadurch ist Vollduplex möglich.

Vorteile:

- gleichzeitiges Senden und Empfangen
- keine klassischen Kollisionen pro Vollduplex-Link

- bessere Leistung
- gezielte Weiterleitung
- weniger unnötiger Datenverkehr

Merksatz:

Switch = Schicht 2 und typisch Vollduplex.

Kollisionen

Eine Kollision entsteht, wenn mehrere Geräte gleichzeitig auf einem gemeinsam genutzten Medium senden.

Die Signale überlagern sich.

Dadurch können Daten nicht korrekt übertragen werden.

Kollisionen waren vor allem wichtig bei:

- Koaxial-Ethernet
- Hub-Netzwerken
- Halbduplex-Ethernet

Bei modernen geschalteten Vollduplex-Verbindungen spielen klassische Kollisionen praktisch keine Rolle mehr.

Merksatz:

Kollision = gleichzeitiges Senden auf gemeinsamem Medium.

Kollisionsdomäne

Eine Kollisionsdomäne ist ein Netzwerkbereich, in dem Kollisionen auftreten können.

Bei einem Hub:

Alle angeschlossenen Geräte befinden sich in einer gemeinsamen Kollisionsdomäne.

Bei einem Switch:

Jeder Port ist normalerweise eine eigene Kollisionsdomäne.

Wichtig:

Vollduplex-Verbindungen vermeiden klassische Kollisionen.

Merksatz:

Hub = eine gemeinsame Kollisionsdomäne.

Switch = getrennte Kollisionsbereiche pro Port.

CSMA/CD

CSMA/CD steht für:

Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection

Auf Deutsch sinngemäß:

Mehrfachzugriff mit Trägerprüfung und Kollisionserkennung

Dieses Verfahren wurde bei älteren Ethernet-Umgebungen verwendet.

Grundidee:

Gerät prüft, ob das Medium frei ist.

Wenn frei, wird gesendet.

Wenn trotzdem eine Kollision entsteht, wird sie erkannt.

Danach wird später erneut gesendet.

Merksatz:

CSMA/CD = Kollisionserkennung bei älterem Ethernet.

Warum CSMA/CD heute weniger wichtig ist

In modernen LANs werden fast immer Switches verwendet.

Switch-Verbindungen arbeiten meist mit Vollduplex.

Dadurch gibt es keine klassische gemeinsame Kollisionsdomäne mehr wie bei Hubs.

Deshalb ist CSMA/CD heute vor allem historisch und prüfungsbezogen wichtig.

Merksatz:

CSMA/CD ist wichtig zum Verständnis alter Ethernet-Technik.

CSMA/CA im Vergleich

CSMA/CA steht für:

Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance

Das bedeutet:

Kollisionsvermeidung

CSMA/CA wird bei WLAN verwendet.

Warum?

Bei Funk können Kollisionen schwieriger direkt erkannt werden.
Deshalb versucht WLAN, Kollisionen vorher zu vermeiden.

Vergleich:

Verfahren	Bedeutung	typischer Einsatz
CSMA/CD	Collision Detection	älteres kabelgebundenes Ethernet
CSMA/CA	Collision Avoidance	WLAN

Merksatz:

CD = Detection = Erkennung.
CA = Avoidance = Vermeidung.

Übertragungsgeschwindigkeit

Die Übertragungsgeschwindigkeit beschreibt, mit welcher Datenrate eine Verbindung arbeitet.

Typische Ethernet-Geschwindigkeiten:

Bezeichnung	Datenrate
Fast Ethernet	100 Mbit/s
Gigabit Ethernet	1 Gbit/s
2.5 Gigabit Ethernet	2,5 Gbit/s
5 Gigabit Ethernet	5 Gbit/s
10 Gigabit Ethernet	10 Gbit/s

Wichtig:

Die tatsächlich nutzbare Geschwindigkeit hängt von allen beteiligten Komponenten ab.

Merksatz:

Die langsamste oder ungeeignete Komponente begrenzt die Verbindung.

Was beeinflusst die Geschwindigkeit?

Die ausgehandelte oder mögliche Verbindungsgeschwindigkeit hängt ab von:

- Netzwerkkarte
- Switch-Port
- Kabelkategorie
- Kabellänge
- Patchfeld
- Netzwerkdose
- Patchkabel
- SFP-Modul
- Glasfaserart
- Treiber
- Konfiguration
- Signalqualität

Beispiel:

Eine 10-Gbit/s-Netzwerkkarte bringt nichts,
wenn der Switch-Port nur 1 Gbit/s unterstützt.

Merksatz:

Die gesamte Strecke muss zur gewünschten Geschwindigkeit passen.

Auto-Negotiation

Auto-Negotiation bedeutet:

Zwei Netzwerkgeräte handeln automatisch die Verbindungseigenschaften aus.

Dabei geht es zum Beispiel um:

- Geschwindigkeit
- Duplexmodus
- teilweise weitere Fähigkeiten

Beispiel:

PC unterstützt 1 Gbit/s.
Switch unterstützt 1 Gbit/s.
Kabel ist geeignet.

Dann können beide Seiten 1 Gbit/s Vollduplex aushandeln.

Merksatz:

Auto-Negotiation = automatische Aushandlung der Verbindung.

Was wird bei Auto-Negotiation ausgehandelt?

Typische Eigenschaften:

- 10 Mbit/s
- 100 Mbit/s
- 1 Gbit/s
- 2,5 Gbit/s
- 5 Gbit/s
- 10 Gbit/s
- Halbduplex
- Vollduplex

Wichtig:

Beide Seiten müssen die jeweilige Betriebsart unterstützen.

Wenn eine Seite etwas nicht unterstützt, wird eine andere gemeinsame Möglichkeit gewählt.

Merksatz:

Es wird eine gemeinsame Betriebsart gesucht.

Beispiel Auto-Negotiation

Gerät A unterstützt:

10 Mbit/s
100 Mbit/s
1 Gbit/s

Gerät B unterstützt:

10 Mbit/s
100 Mbit/s

Gemeinsam möglich ist maximal:

100 Mbit/s

Ergebnis:

Die Verbindung arbeitet mit 100 Mbit/s,
obwohl Gerät A 1 Gbit/s könnte.

Merksatz:

Beide Seiten bestimmen gemeinsam die Verbindung.

Warum wird manchmal nur 100 Mbit/s ausgehandelt?

Eine Verbindung kann auf 100 Mbit/s zurückfallen, obwohl eigentlich 1 Gbit/s erwartet wird.

Mögliche Ursachen:

- defektes Kabel
- nur vier Adern verbunden
- schlechte Netzwerkdose
- falsch aufgelegtes Verlegekabel
- defekter Switch-Port
- alte Netzwerkkarte
- alter Switch
- falsche Konfiguration
- schlechte Signalqualität

Wichtig:

Gigabit-Ethernet benötigt bei Twisted Pair alle 8 Adern.

Merksatz:

Nur 100 Mbit/s statt 1 Gbit/s kann ein Verkabelungsproblem sein.

Duplex-Mismatch

Ein Duplex-Mismatch entsteht, wenn zwei Geräte unterschiedliche Duplexmodi verwenden.

Beispiel:

Gerät A: Vollduplex

Gerät B: Halbduplex

Mögliche Folgen:

- schlechte Leistung
- Paketverluste
- viele Fehler
- langsame Verbindung
- Verbindungsprobleme

Duplex-Mismatch war früher häufiger, wenn Auto-Negotiation deaktiviert oder falsch konfiguriert wurde.

Merksatz:

Duplex-Mismatch = beide Seiten nutzen nicht denselben Duplexmodus.

Warum ist Duplex-Mismatch problematisch?

Wenn eine Seite Vollduplex nutzt, erwartet sie gleichzeitiges Senden und Empfangen.

Wenn die andere Seite Halbduplex nutzt, erwartet sie abwechselnde Übertragung und mögliche Kollisionen.

Dadurch interpretieren beide Seiten die Verbindung unterschiedlich.

Das kann zu Fehlern und schlechter Leistung führen.

Merksatz:

Beide Seiten müssen beim Duplexmodus zusammenpassen.

Manuelle Konfiguration

Manchmal kann Geschwindigkeit oder Duplexmodus manuell eingestellt werden.

Beispiel:

Switch-Port fest auf 100 Mbit/s Vollduplex

Das kann in Sonderfällen sinnvoll sein.

Aber:

Wenn nur eine Seite manuell eingestellt wird
und die andere Seite Auto-Negotiation nutzt,
können Probleme entstehen.

Prüfungstauglich:

Auto-Negotiation sollte konsistent auf beiden Seiten betrachtet werden.

Merksatz:

Manuelle Einstellungen müssen auf beiden Seiten passen.

Link-Speed

Link-Speed bedeutet:

die aktuell ausgehandelte Verbindungsgeschwindigkeit.

Beispiele:

100 Mbit/s
1 Gbit/s
10 Gbit/s

Den Link-Speed sieht man zum Beispiel:

- im Betriebssystem
- im Switch-Interface
- in der Router- oder Firewall-Oberfläche
- über Monitoring
- teilweise über LED-Farben am Port

Merksatz:

Link-Speed = aktuell genutzte Verbindungsgeschwindigkeit.

Link-Status

Der Link-Status zeigt, ob eine physische Verbindung besteht.

Typische Zustände:

Zustand	Bedeutung
Link up	physische Verbindung aktiv
Link down	keine physische Verbindung
Link flapping	Verbindung geht ständig hoch und runter

Link flapping kann ein Hinweis sein auf:

- defektes Kabel
- schlechten Stecker
- defekten Port
- falsches SFP-Modul
- schlechte Signalqualität
- Stromproblem
- Treiberproblem

Merksatz:

Link flapping = instabile physische Verbindung.

Link-LED und Geschwindigkeit

Viele Netzwerkgeräte zeigen über LEDs den Zustand der Verbindung an.

Mögliche Anzeigen:

- LED aus: kein Link
- LED an: Link vorhanden
- LED blinkt: Aktivität

- verschiedene Farben: unterschiedliche Geschwindigkeiten

Wichtig:

Die genaue Bedeutung hängt vom Gerät ab.

Merksatz:

LEDs helfen,
ersetzen aber keine genaue Prüfung.

Speed und Duplex in der Fehlersuche

Bei Netzwerkproblemen sollte man prüfen:

- Ist der Link aktiv?
- Welche Geschwindigkeit wurde ausgehandelt?
- Welcher Duplexmodus wird genutzt?
- Gibt es Fehlerzähler am Port?
- Gibt es CRC- oder FCS-Fehler?
- Gibt es Link-Flapping?
- Sind beide Seiten korrekt konfiguriert?
- Passt das Kabel zur Geschwindigkeit?

Merksatz:

Link-Speed und Duplex gehören zur Basisprüfung.

Typische Fehlerbilder

Fehlerbild	mögliche Ursache
kein Link	Kabel, Port, Netzwerkkarte, SFP, Gegenstelle
nur 100 Mbit/s statt 1 Gbit/s	Aderproblem, altes Gerät, schlechte Strecke
schlechter Durchsatz	Duplex-Mismatch, Fehler, Störungen
Link flapping	instabile physische Verbindung
viele CRC-Fehler	Signalproblem, Kabelproblem

Fehlerbild	mögliche Ursache
WLAN langsam	Signal, Kanal, Störung, viele Clients

Wichtig:

Ein Schicht-1-Problem kann sich wie ein höheres Netzwerkproblem anfühlen.

Merksatz:

Physische Fehler zeigen sich oft als Performance-Probleme.

Halbduplex, Vollduplex und WLAN

WLAN arbeitet nicht wie eine klassische Vollduplex-Kabelverbindung.

WLAN ist ein geteiltes Funkmedium.

Mehrere Clients teilen sich die Funkzeit.

Vereinfacht:

Ein Gerät sendet,
andere warten.

Darum wird WLAN oft halbduplexartig beschrieben.

Merksatz:

WLAN ist ein geteiltes Medium,
nicht wie eine Vollduplex-Switch-Verbindung.

Vollduplex bedeutet nicht doppelte Internetgeschwindigkeit

Vollduplex bedeutet:

gleichzeitig senden und empfangen.

Es bedeutet nicht automatisch:

doppelte Internetgeschwindigkeit

Die tatsächliche Internetgeschwindigkeit hängt unter anderem ab von:

- Internetanschluss
- Router
- Switch
- Server
- Gegenstelle
- Auslastung
- Protokoll-Overhead

Merksatz:

Vollduplex beschreibt die Richtung,
nicht allein die Internetgeschwindigkeit.

Einordnung in das Schichtenmodell

Thema	typische Schicht
Simplex	Schicht 1
Halbduplex	Schicht 1
Vollduplex	Schicht 1
Auto-Negotiation	Schicht 1
Link-Speed	Schicht 1
Hub	Schicht 1
Switch-Weiterleitung	Schicht 2
MAC-Adresse	Schicht 2
IP-Adresse	Schicht 3
TCP-/UDP-Port	Schicht 4

Wichtig:

Duplex und Geschwindigkeit gehören zur physischen Verbindung.
MAC-Adressierung und Frames gehören zur Schicht 2.

Was gehört nicht zu Duplex?

Duplex beschreibt nur die Übertragungsrichtung.

Duplex beschreibt nicht:

- IP-Adresse
- Subnetzmaske
- Gateway
- DNS-Server
- TCP-Port
- Anwendung
- Benutzerrechte
- Verschlüsselung auf Anwendungsebene

Merksatz:

Duplex ist eine Eigenschaft der Verbindung,
nicht der IP-Konfiguration.

Typische IHK-Fragen

In AP1 und AP2 kann zum Beispiel gefragt werden:

- Was bedeutet Simplex?
- Was bedeutet Halbduplex?
- Was bedeutet Vollduplex?
- Welcher Duplexmodus ist bei modernen Switch-Verbindungen üblich?
- Warum waren Hubs problematisch?
- Was ist eine Kollision?
- Was ist eine Kollisionsdomäne?
- Was bedeutet CSMA/CD?
- Was bedeutet CSMA/CA?
- Was ist Auto-Negotiation?
- Warum kann eine Verbindung nur 100 Mbit/s statt 1 Gbit/s aushandeln?
- Was ist ein Duplex-Mismatch?
- Warum ist WLAN nicht wie eine Vollduplex-Kabelverbindung?

Typische Prüfungsfallen

Simplex bedeutet nur eine Richtung.

Halbduplex bedeutet abwechselnd.

Vollduplex bedeutet gleichzeitig.

Vollduplex bedeutet nicht automatisch doppelte Internetgeschwindigkeit.

Hubs arbeiten auf Schicht 1.

Switches arbeiten typischerweise auf Schicht 2.

Hubs teilen eine Kollisionsdomäne.

Moderne Switch-Verbindungen haben normalerweise keine klassischen Kollisionen.

Auto-Negotiation muss auf beiden Seiten sinnvoll zusammenpassen.

Nur 100 Mbit/s statt 1 Gbit/s kann an der Verkabelung liegen.

Gigabit über Twisted Pair benötigt alle 8 Adern.

WLAN ist ein geteiltes Funkmedium.

Wichtige Begriffe kurz erklärt

Begriff	Kurze Erklärung
Simplex	Übertragung nur in eine Richtung
Halbduplex	Übertragung in beide Richtungen, aber abwechselnd
Vollduplex	Übertragung in beide Richtungen gleichzeitig
Duplexmodus	Art der Übertragungsrichtung
Hub	Schicht-1-Gerät, verteilt Signale an alle Ports
Switch	Schicht-2-Gerät, leitet Frames anhand von MAC-Adressen weiter
Kollision	gleichzeitiges Senden auf gemeinsamem Medium
Kollisionsdomäne	Bereich, in dem Kollisionen auftreten können
CSMA/CD	Kollisionserkennung bei älterem Ethernet

Begriff	Kurze Erklärung
CSMA/CA	Kollisionsvermeidung bei WLAN
Auto-Negotiation	automatische Aushandlung von Geschwindigkeit und Duplex
Link-Speed	aktuell ausgehandelte Verbindungsgeschwindigkeit
Link-Status	Zustand der physischen Verbindung
Link flapping	Verbindung geht ständig hoch und runter
Duplex-Mismatch	unterschiedliche Duplexmodi auf beiden Seiten
CRC-Fehler	erkannter Übertragungsfehler auf Frame-Ebene
FCS-Fehler	Fehler bei der Frame-Prüfsumme

IHK-sichere Kurzformulierung

Simplex, Halbduplex und Vollduplex beschreiben die Richtung der Datenübertragung. Simplex bedeutet Übertragung nur in eine Richtung. Halbduplex bedeutet Übertragung in beide Richtungen, aber nur abwechselnd. Vollduplex bedeutet gleichzeitiges Senden und Empfangen. Moderne Ethernet-Verbindungen über Switches arbeiten normalerweise mit Vollduplex. Hubs arbeiten auf Schicht 1, verteilen Signale an alle Ports und bilden eine gemeinsame Kollisionsdomäne. Auto-Negotiation dient dazu, Verbindungseigenschaften wie Geschwindigkeit und Duplexmodus automatisch zwischen zwei Geräten auszuhandeln.

Merksätze

Simplex = eine Richtung.

Halbduplex = abwechselnd.

Vollduplex = gleichzeitig.

Moderne Switch-Verbindungen sind meist Vollduplex.

Hub = Schicht 1.

Switch = Schicht 2.

Hub verteilt Signale an alle Ports.

Hub = gemeinsame Kollisionsdomäne.

Switch = gezielte Weiterleitung anhand von MAC-Adressen.

Kollision = gleichzeitiges Senden auf gemeinsamem Medium.

CSMA/CD = Kollisionserkennung.

CSMA/CA = Kollisionsvermeidung.

Auto-Negotiation = automatische Aushandlung.

Link-Speed = ausgehandelte Geschwindigkeit.

Duplex-Mismatch = beide Seiten passen nicht zusammen.

Nur 100 Mbit/s statt 1 Gbit/s kann ein Verkabelungsproblem sein.

Gigabit über Twisted Pair braucht alle 8 Adern.

WLAN ist ein geteiltes Medium.

Duplex beschreibt die Übertragungsrichtung,
nicht die IP-Konfiguration.
